

暑熱時における乳量乳質向上(2)

誌名	鹿児島県畜産試験場研究報告
ISSN	0389357X
著者名	森,浩一郎 田中,和宏 川畑,明治 児島,浩貴 山下,光則
発行元	鹿児島県畜産試験場
巻/号	31号
掲載ページ	p. 53-69
発行年月	1998年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



暑熱時における乳量乳質向上

2. 同一TDN, NDF水準下の飼料中のNDF供給源の差(粗濃比の違い)が暑熱ストレス下の搾乳牛に及ぼす影響

森 浩一郎, 田中 和宏*, 川畑 明治, 児島 浩貴, 山下 光則

(*鹿児島県伊集院農業改良普及所)

要 約

ホルスタイン種搾乳牛初産4頭(ルーメンフィステル装着牛)を用い, 同一TDN, NDF水準下の飼料中のNDF供給源の差(粗濃比の違い)が乳生産, 牛体生理等に及ぼす影響について検討した。試験は給与飼料中の乾物中の粗濃比を40:60と50:50の2区を設定し, クロスオーバー法で暑熱ストレス下で実施した。また, 給与飼料中の乾物中のNDF含量は35%に設定した。

1. 乳量は40:60が有意に高かったが, 乳脂率は50:50が高い傾向を示したが有意差はなく, FCM乳量は両区に差がなかった。
2. ルーメン液pHは両区とも, 低い傾向を示し, 繊維成分の消化率も低下していた。このことが酢酸/プロピオン酸比(以下A/P比)の低下, 低乳脂率につながったと考えられた。この原因には暑熱ストレスと飼料中のNFC含量, 繊維成分の消化性等が影響していたと考えられた。
3. 咀嚼行動は両区とも長い傾向を示した。これには, スーダングラスサイレージが影響を及ぼした可能性が高かった。また, 咀嚼時間が長くても乳脂率の改善には効果がなく, 繊維成分の消化性等も重要と考えられた。
4. 体温・呼吸数は50:50が低い傾向を示し, AM2時の呼吸数は有意差があった。また, 体温変動には, 飼料給与時間, 給与量と送風時間が影響していたと考えられた。

以上の結果から, 暑熱ストレス下で, 給与飼料中のNDF含量を35%に調製した場合, 組み合わせる飼料等により, 粗濃比40:60では乳脂率3.5%を下回る可能性があり, 粗濃比50:50では乳量の低下が考えられるので, 給与飼料中の繊維成分の消化性, NFC含量等を考慮し, ルーメン液pH, A/P比を改善する必要があると考えられた。

結 言

搾乳牛のルーメン発酵を正常に維持しながら, 乳脂率を低下させないためには, 飼料中に適当量の繊維成分が必要である。飼料中の繊維含量の指標としては, 乾物中粗繊維で17%以上, ADF21%, NDF35%が推奨されている¹⁾。藤城ら²⁾はNDF35%で乳量が高い傾向を, NDF30%では乳脂率が低下すると報告

し, また, 泌乳初期にはNDF30%が適当³⁾との報告もある。このように搾乳牛の採食性, 生産性を考慮して繊維の最適水準が決められているが, 暑熱ストレス下では, 呼吸数の増加, 体熱放散のための血流増加, 体温上昇による代謝量の増加などに起因するエネルギー消費量の増加と第一胃運動の低下, 飼料の消化管内滞留時間の増加等により乾物摂取量の抑制が起こる。

乾物摂取量の抑制要因が物理的、栄養的要因に加えて暑熱ストレス時は熱収支が大きな要因となるため、適温域と同じ繊維水準とは考えにくい。白石ら²⁾は、粗濃比40:60の飼料給与では、夏期にはNDFで36~38%が望ましいと報告し、Tanakaら³⁾の報告では、NDF量を同一水準にしても、その供給源が異なると、夏期の乳生産や体温・呼吸数に大きく影響している。また、粗飼料源をコーンサイレージと牧草サイレージで比較した結果では、NDF30%でも粗飼料源の差は認められなかった³⁾との報告もある。

そこで、本試験では暑熱ストレス下に飼料中のNDF量を同一水準にし、その供給源の差（粗濃比の違い）が乳生産、牛体生理等に及ぼす影響について検討した。

表1 供試牛の概要

牛No	生年月日	分娩月日	手術月日	乾乳月日	搾乳日数	総乳量	1日乳量	FAT%	SNF%	P%
H5-12	H5. 8.29	H7.12.12	H8. 5. 8	H8.11.20	344日	9,183.1kg	26.70kg	4.01	9.20	3.31
H6-1	H6. 2. 6	H8. 2.14	H8. 5. 8	H8.12. 7	297	8,670.0	29.19	3.98	8.90	3.23
H6-2	H6. 3.27	H8. 3.28	H8. 6. 5	H8.12.12	259	6,488.0	25.05	4.64	9.00	3.44
H6-5	H6. 6. 1	H8. 4.16	H8. 5.15	H9. 2.15	305	7,877.7	25.83	3.75	9.08	3.29

3. 試験期間

試験期間は表2のとおりである。試験期は1期3週間の2期（42日間）とし、平成8年6月23日から8月3日にかけて試験を実施した。（予備期2週間、本試験期1週間）

表2 試験期間

馴致期	1期	2期
H8.6.14~6.22 (試験期)	6.23~7.13 (7.7~7.13)	7.14~8.3 (7.28~8.3)
H5-12, H6-1	50:50	40:60
H6-2, H6-5	40:60	50:60

4. 供試飼料及び飼料給与方法

供試飼料は表3のとおりである。コーンサイレージは黄熟期刈り、イタリアンサイレージは1番草出穂期刈り、スーダンサイレージは2番草出穂前刈りをFRPサイロに調製したものを使用した。給与飼料乾物中の養分含量の計算値は、40:60でTDN74.2%、CP15.6%、NDF35.3%、EE4.8%、ADF19.6%、CF15.4%、50:50でTDN74.1%、CP15.2%、NDF35.5%、E

材料及び方法

1. 試験区分

給与飼料の乾物中の粗濃比を40:60と50:50の2区を設定し、クロスオーバー法⁶⁾による比較を行った。

2. 供試牛

供試牛の概要は表1のとおりである。当場で繋養しているホルスタイン種搾乳牛初産4頭（ルーメンフィステル装着牛）を用い、1区2頭の2区に分けて供試した。

E4.7%、ADF21.0%、CF16.7%とし、TDN74%、CP15~16%、NDF35%、EE5%と栄養水準はほぼ同一とした。粗飼料には、上記の自給粗飼料の他に購入粗飼料であるハイキューブ、ルーサンベレットを使用した。

各飼料は一倉製の混合機(ST-5A型)で4~5日分混合攪拌し、1頭分ずつ、給与毎にビニール製バッグサイロに保管・給与した。両区とも残食量（給与量の約15%程度）ができるように給与量を設定し、自由採食とした。40:60では50:50と給与飼料の乾物率が同程度となるように加水した。また、二次発酵防止⁷⁾のため、両区にホラホルム(ATF)を添加し、ビタミン剤、ミネラル剤も添加した。

5. 飼養管理

試験牛舎は木造スレート、タイストール牛舎（カウンタースロープ床式を改造）を使用し、搾乳はバケットミルクカーで行った。搾乳は8時30分と20時の2回、飼料給与は8時と15時の2回とし、給与割

合は原物量で1:4とした。残食計量を13時に行い、13時から15時までは採食できない状況とした。予備期は、牛房を自由に運動でき、搾乳時のみタイストールに繋留し、本試験期の7日間はタイストールに繋留した。鈹塩、水は自由摂取とした。また、11時~19時まで大型扇風機で送風した。

表3 供試飼料の配合割合及び成分値 乾:%

粗:濃	乾物		原物	
	50:50	40:60	50:50	40:60
コーンサイレージ	16	12	27.1	20.3
イタリヤサイレージ	16	12	31.3	23.5
スーパースイレージ	8	6	11.4	8.6
ハイキューブ	5	5	2.5	2.5
ルーサンパレット	5	5	2.5	2.5
計	50	40	74.8	57.4
大麦圧パソ	8	8	4.0	4.0
トウモロコシ圧パソ	19	20	9.7	10.2
大豆粕	5	4	2.6	2.0
魚粉CP65	3	3	1.5	1.5
綿実	9	8	4.4	3.9
一般ふすま	-	17	-	8.9
増産ふすま	6	-	3.0	-
水				12.1
計	50	60	25.2	42.6
合計	100	100	100.0	100.0
ビタミン剤			0.2	0.2
ミネラル剤			0.1	0.1
ATF			0.5	0.5
養分濃度	TDN	74.1	74.2	粗飼料からの
	CP	15.2	15.6	供給割合(%)
	FAT	4.7	4.8	50:50
	CF	16.7	15.4	40:60
	ADF	21.0	19.6	76.0
	NDF	35.5	35.3	66.3
	DM	45.3	51.5	75.0
				64.2
				72.3
				57.9

6. 調査項目及び調査方法

調査項目は飼料摂取量、体重、乳量、乳質、第一胃液性状、血液性状、体温・呼吸数、採食・反芻時間等である。試験期の調査スケジュールは表4に示した。分析項目と分析方法の概要は表5に示した。

(1) 飼料摂取量

残飼は毎日13時をもって秤量し、摂取量を求めた。飲水量は、本試験期の4日間、13時をもって残水を秤量し、求めた。飼料乾物率は、混合時に乾物率を測定した。残食乾物率は本試験期の5日間測定し乾物率を測定した。

(2) 体重、乳量及び乳成分

体重は試験期に3日間牛衡器で測定した。

乳量は毎日朝夕搾乳時に計量し、乳成分は本試験期の5日間朝夕搾乳時に生乳を採取しミルコスキャンで測定した。体細胞数の分析については、(社)鹿児島県生乳検査協会(フォソマチック250)に依頼した。

(3) 血液及び第一胃液

血液は、試験期の消化試験終了後13:00に頸静脈から採血し、分析はヘマトクリット値は毛細管法、血球数等は自動血球計算機(Sysmex F-800)、ビタミンは液体クロマトグラフ(島津)、その他の項目は生化学自動分析機(日立7050)を用いて分析した。

第一胃液は、試験期の消化試験終了後14時から2時間間隔で24時まで、7時から2時間間隔で15時まで第一胃フィステルから採取し、2重ガーゼで濾過し、pHメーターでpHを測定後、約50ccを分析時まで凍結保存し、揮発性脂肪酸、アミノ酸態窒素を測定した。また、13、15、7時の採取分はpH測定後MFS溶液に入れて保存し、プロトゾア数を計測した。

(4) 消化試験(写真1~4)

試験期の4日間供試牛を用い、全糞採取法⁸⁾により消化試験を実施し、給与飼料の消化率を算出した。採糞は排糞の都度人がスコップで受けポリバケツに貯え、1日分の糞量を計測した。採尿は尿分離・採取器具⁹⁾を用い全尿採取した。尿は1日分の尿量を測定し、pHメーターにより尿pHを測定した。

(5) 体温・呼吸数

試験期の1日4回(14時、20時、2時、8時)を3日連続して直腸温、呼吸数(鼻孔の呼出気)を測定した。また、4日間5分置きにセンサー(テクノセブンK-210)で皮膚温(左側腰角付近)、腔温、ルーメン温を測定した。また、センサーで畜舎内外の温湿度も5分置きに測定した。センサーで測定した皮膚温、腔温、ルーメン温については、1時間毎の平均値を算出した。また、平均値の経時的変動から季節変動(日内変動)を推定するため、連環比率法¹⁰⁾を用い経時的変動から傾向変動を除外した。

(6) 行動調査

試験期の3日間、5分置きの観察で行動調査を行い、咀嚼行動、休息行動等について調査した。

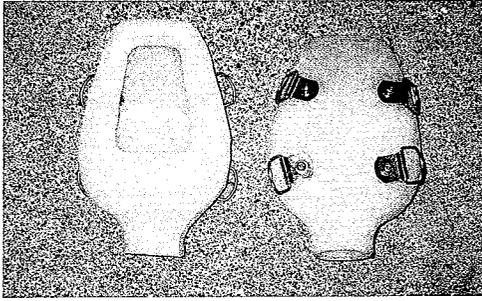


写真1 尿採取器具 (表, 裏)

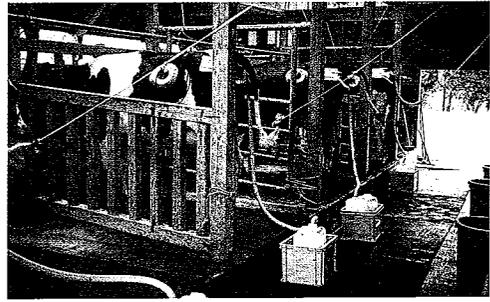


写真3 消化試験実施状況

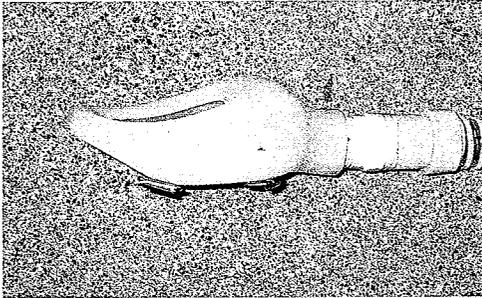


写真2 尿採取器具 (側面)

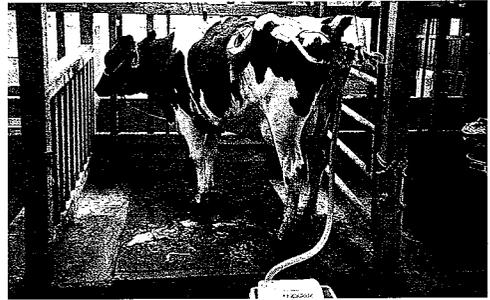


写真4 消化試験実施状況

表4 調査日程

	日	月	火	水	木	金	土
牛乳サンプル	夕	朝・夕	朝・夕	朝・夕	朝・夕	朝	
牛乳一般成分		○	○	○	○	○	
乳脂肪酸抽出					○		
乳蛋白分画		○	○	○			
体細胞数		○	○	○	○	○	
行動調査		○	○	○	○		
消化試験		○	○	○	○	○	
体重	○					○	○
胃液						○	○
血液						○	
体温, 呼吸数,		○	○	○	○		
ルーメン・臍・皮膚温		○	○	○	○	○	
畜舎内・外温湿度	試験期間中継続測定						
残食測定	13:00						
飲水測定	13:00						
体重測定	13:00						
消化試験	13:00~13:00						
行動調査	13:00~13:00						
胃液採取	14:00, 16:00, 18:00, 20:00, 22:00, 24:00, 7:00, 9:00, 11:00, 13:00, 15:00 (給与前)						
体温・呼吸	14:00, 20:00 (搾乳前), 2:00, 8:00 (給与前)						

表5 分析項目及び方法

検体	項目	方法
供試飼料及び糞	一般6成分	常法
生乳	NDF, ADF, ADL, OCW, Oa, Ob	阿部らの方法
	乳脂率, SNF率, 乳蛋白質率, 乳糖率	ミルコスキャン133B
	体細胞数	フォソマチック250
第一胃液	pH, VFA, アンモニア態窒素	pHメーター, ガスクロマトグラフ, 水蒸気蒸留法

8. 統計処理の方法

有意差の検定は、クロスオーバー法⁶⁾を用いた分散分析により実施した。

試験結果

1. 飼料摂取状況と体重

試験期の飼料摂取状況及び体重の平均値は表6に示した。体重、原物・乾物摂取量、乾物体重比、飲水量には有意差はなかった。飼料摂取量は、区としては40:60、期としては1期が多い傾向を示した。飲水量は区としては40:60、期としては2期が多い傾向を示した。

表6 飼料摂取状況及び体重

	区		期	
	50:50	40:60	1期	2期
原物摂取量(kg)	40.1	42.5	41.1	41.4
乾物摂取量(kg)	18.1	18.5	18.5	18.1
乾物/体重(%)	3.49	3.57	3.57	3.48
体重(kg)	520.4	520.6	520.1	520.9
飲水量(kg)	70.5	76.5	70.9	76.10

乳蛋白質分画は表8に示した。生乳中の非蛋白態窒素量に有意差があり、40:60が高い値を示した。その他の項目には差がなかった。また、期別では、

表8 乳蛋白質分画

	区		期	
	50:50	40:60	1期	2期
乳中総窒素(%)	0.511	0.511	0.506	0.516
α ₁ -イ態窒素(%)	0.397	0.393	0.393	0.398
β ₁ -態窒素(%)	0.080	0.072	0.069	0.083
非蛋白態窒素(%)	0.034	0.034	0.033	0.036
乳中総窒素(g)	142.2	155.1	148.6	148.8
α ₁ -イ態窒素(g)	110.5	119.6	115.4	114.7
β ₁ -態窒素(g)	22.1	25.2	23.5	23.9
非蛋白態窒素(g)	9.6 *	10.3	9.7 *	10.2
α ₁ -イ態窒素/総窒素(%)	77.7	77.1	77.7	77.0
β ₁ -態窒素/総窒素(%)	15.6	16.3	15.8	16.1
非蛋白態窒素/総窒素(%)	6.7	6.6	6.5	6.9

*: 5%水準で有意差あり

2. 乳量・乳成分

乳量・乳成分は表7に示した。乳量は区に有意差があり、40:60が高かった。乳脂率には有意差はなかったが、50:50が高い傾向を示した。その他の乳成分率についても有意差はなかった。

SNF量、乳糖量には有意差があったが、その他の成分量には有意差はなかった。FCM乳量にも有意差はなかった。

表7 乳量及び乳成分

	区		期	
	50:50	40:60	1期	2期
乳量(kg)	27.8 **	30.4	29.4	28.8
FCM乳量(kg)	26.1	26.6	27.0	25.7
乳脂率(%)	3.58	3.17	3.46	3.29
SNF率(%)	9.02	9.09	9.03	9.07
乳蛋白率(%)	3.24	3.26	3.22	3.28
乳糖率(%)	4.78	4.83	4.82	4.79
体細胞数(万/cc)	7.1	4.6	3.0	8.7
乳脂量(g)	996.7	963.7	1013.4	947.1
SNF量(g)	2509.5 *	2761.1	2655.1	2615.4
乳蛋白量(g)	901.9	989.8	945.9	945.9
乳糖量(g)	1330.2 *	1467.6	1416.1	1381.7

** : 1%水準で有意差あり, * : 5%水準で有意差

非蛋白態窒素濃度、非蛋白態窒素量に有意差があり2期が高い値を示した。

3. 血液性状

各血液成分の平均値は表9に示した。区には有意差はなかったが、リンパ球%, Mg, 3-ヒドロキシ酪酸に

は期に有意差があり、リンパ球%は2期が高く、Mg, 3-ヒドロキシ酪酸は1期が高かった。

表9 血液性状

	区		期		正常値 ¹⁾
	50:50	40:60	1期	2期	平均値(範囲)
赤血球数(万/mm ³)	695.8	667.5	675.0	688.3	700 (500~10000)
白血球数(/mm ³)	8475	8250	8800	7925	8000 (4000~12000)
ヘモグロビン量(g/dl)	10.9	10.6	10.7	10.8	14 (11~17)
ヘマトクリット値(%)	32.0	30.8	31.0	31.8	35 (24~46)
リンパ球(%)	44.8	44.3	42.8 *	46.3	58 (45~75)
血小板数(万/mm ³)	47.0	49.6	44.0	52.6	50 (10~80)
総蛋白(g/dl)	8.3	8.2	8.3	8.2	7.10±0.55
アルブミン(g/dl)	3.95	3.80	3.83	3.93	3.50±0.35
GOT(IU/l)	72.3	69.5	69.4	72.4	73.6±26.6
γ-GTP(IU/l)	19.7	19.5	18.3	20.9	15~25
ビリルビン(mg/dl)	0.4	0.4	0.3	0.5	0.6 (0.2~1.0)
BUN(mg/dl)	15.0	15.9	15.4	15.4	10~20
CK(IU/l)	131.4	116.8	127.5	120.7	
遊離脂肪酸(μEq/l)	94.6	73.3	109.5	58.4	
コレステロール(mg/dl)	186.6	179.5	182.8	183.3	110±32
リポ脂質(mg/dl)	190.2	184.4	181.5	193.0	
トリグリセライド(mg/dl)	8.25	8.25	9.78	6.73	
血糖(mg/dl)	55.6	58.9	54.6	59.8	45 (35~55)
シアル酸(mg/dl)	63.1	61.4	63.6	60.9	
Na(mEq/l)	140.2	141.0	140.8	140.4	142 (138~152)
K(mEq/l)	4.6	4.3	4.7	4.2	4.8 (3.9~5.4)
Cl(mEq/l)	103.6	105.0	103.9	104.7	104 (97~111)
Ca(mg/dl)	10.7	10.1	10.3	10.5	10 (8.5~12.0)
iP(mg/dl)	5.1	5.4	5.7	4.9	6 (4.0~8.0)
Mg(mg/dl)	3.4	3.5	4.4 **	2.5	2.5 (1.8~3.2)
アセト酢酸(μmol/l)	14.1	16.1	11.6	18.6	
3-ヒドロキシ酪酸(μmol/l)	1221.3	990.9	1807.1 *	405.1	
ビタミンA(IU/dl)	97.3	101.0	99.1	99.2	
ビタミンE(μg/dl)	566.6	473.0	485.4	554.3	

** : 1%水準で有意差あり, * : 5%水準で有意差あり

4. 第一胃液性状

各項目の平均値を表10に示した。50:50はpH, VFAモル比率酢酸, A/P比で高い傾向を, 40:60はプロトゾア数, VFAモル比率酢酸で高い傾向を示したが, 有意差はなかった。

(1) pH, 総VFA濃度及びアンモニア態窒素

経時的变化を図1~3に示した。pHは, 50:50で変動が大きかった。総VFA濃度は, 両区とも同様な変化を示した。アンモニア態窒素も両区とも同様な

な変化を示したが, 40:60が若干高めに推移した。

(2) VFAモル比率及びA/P比

経時的变化を図6~7に示した。酢酸, 酢酸, 酪酸とも同様な変化で推移しているが, 酢酸は50:50が, 酢酸は40:60が高めに推移した。

(3) プロトゾア数

プロトゾア数は表11に示した。プロトゾア数は13時で有意差があり, 40:60が多かった。

表10 第一胃液性状

	区		期	
	50:50	40:60	1期	2期
pH	6.07	5.91	6.08	5.90
総VFA濃度 (mmol/dl)	12.0	12.0	11.8	12.3
アンモニア態窒素 (mmol/dl)	10.0	12.9	11.3	11.6
モル比率酢酸 (%)	57.7	55.9	57.2	56.4
プロピオン酸 (%)	27.8	30.0	28.9	29.0
酪酸 (%)	10.8	10.3	10.4	10.7
その他 (%)	3.7	3.8	3.5	3.9
A/P比	2.1	1.9	2.1	2.0

表11 平均プロトゾア数

	区		期	
	50:50	40:60	1期	2期
平均プロトゾア数(千/ml)	151.8	274.3	224.2	202.0
13:00	163.5 *	186.0	195.0 **	154.5
15:00	107.5	279.0	176.0	210.5
7:00	184.5	358.0	301.5	241.0

** : 1%水準で有意差あり, * : 5%水準で有意差あり

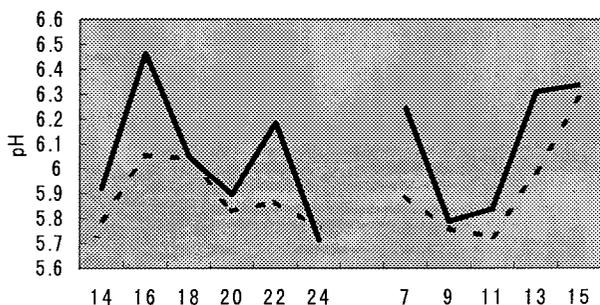


図1 pHの経時的変化

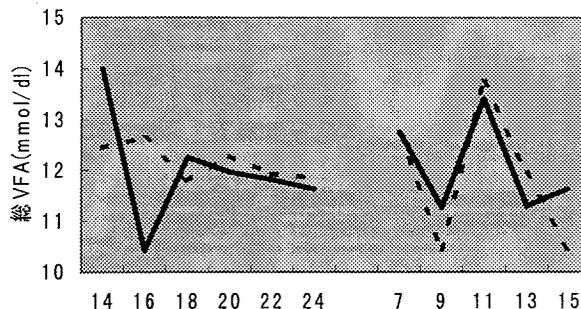


図2 総VFAの経時的変化

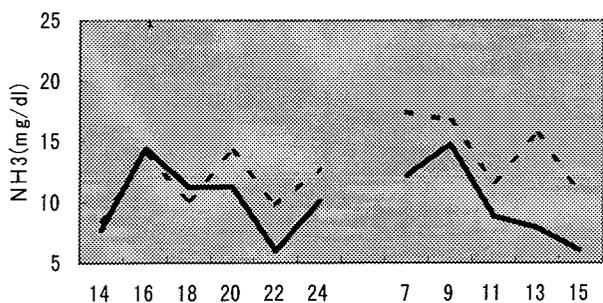


図3 アンモニア態窒素の経時的変化

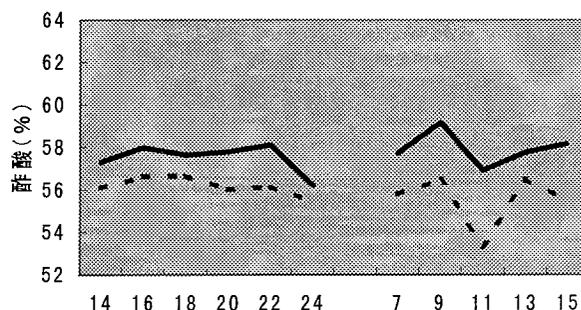


図4 酢酸モル比率の経時的変化

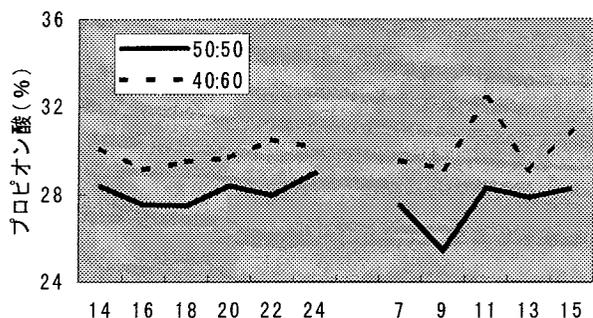


図5 プロピオン酸モル比率の経時的変化

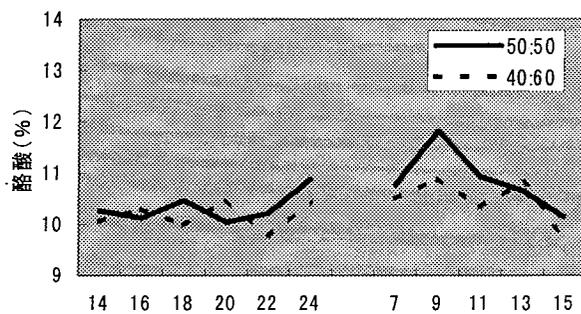


図6 酪酸モル比率の経時的変化

5. 飼料の消化率

消化試験実施時の供試飼料の成分値及び消化率は表12, 13に示した。成分値では、粗蛋白で50:50が1%高く、繊維成分の粗繊維, NDF, OCW, Oa, Obで50:50が若干高い傾向を示した。NFE, NFCで40:60が高い傾向を示した。また、NDF中の粗蛋白含量を補

正して計算したNFC (補正NFC)¹²⁾で比較しても40:60が高い傾向を示した。今回の場合、給与飼料の粗濃比の違いが、構造的炭水化物, 非構造的炭水化物の差にあらわれた。消化率は粗脂肪に有意差があり、50:50が高かった。その他の消化率には差がなかった。

表12 サイレージの成分値 単位: %

	1期			2期		
	コーン	イライソ	ス・タン	コーン	イライソ	ス・タン
乾物	27.8	19.8	24.6	25.7	20.8	25.1
CP	8.5	12.1	11.3	9.1	13.6	10.7
EE	3.1	3.5	1.6	3.0	3.6	1.9
NFE	59.1	44.9	43.0	56.4	41.1	40.1
CA	6.9	13.2	11.4	6.6	14.9	12.0
CF	22.4	26.3	32.7	24.9	26.8	35.3
NDF	46.0	53.3	67.0	49.0	49.5	66.9
ADF	29.5	33.8	45.9	31.4	31.6	45.3
ADL	4.3	3.5	7.6	4.8	3.7	7.8
OCW	50.1	55.3	70.4	50.9	52.7	69.5
Oa	5.3	15.6	7.1	3.8	13.5	5.3
Ob	44.8	40.6	63.3	47.1	39.3	64.2
NFC	35.5	17.9	8.7	32.3	18.4	8.5
ADF-N	0.9	1.2	1.7	1.0	1.1	1.9
NDF-N	1.1	2.3	3.2	1.1	2.0	3.2
補正NFC	36.6	20.2	11.9	33.4	20.4	11.7

表13 供試飼料の成分値及び消化率 (消化試験実施時) 単位: %

	成分値		消化率区		消化率期	
	50:50	40:60	50:50	40:60	1期	2期
	乾物	43.9	44.5	69.0	68.4	68.8
粗蛋白	16.8	15.9	75.2	72.1	73.4	73.9
粗脂肪	4.07	3.89	81.0	**76.9	76.9	**80.9
NFE	54.5	58.1	76.2	75.6	75.3	76.4
粗灰分	8.1	7.1	46.0	35.8	43.7	38.0
粗繊維	16.6	15.1	46.8	44.1	45.5	45.4
NDF	36.6	34.7	48.0	45.6	46.0	47.7
ADF	21.4	21.8	45.2	48.2	46.8	46.6
NFC	35.5	38.5	90.7	92.3	92.2	90.8
ADL	4.2	3.8	19.2	8.0	15.6	11.7
ADF-N	1.5	1.4	38.3	34.4	35.5	37.2
NDF-N	3.7	3.6	63.3	60.9	55.9	68.9
OCW	40.1	35.7	43.8	38.8	41.1	41.5
Oa	9.0	7.0	78.0	74.9	80.8	*72.2
Ob	31.1	28.7	33.8	29.9	30.5	33.3
補正NFC	39.2	42.0	88.9	89.0	89.3	88.6
TDN			69.4	69.6	69.0	70.0

** : 1%水準で有意差あり, * : 5%水準で有意差あり

6. 体温・呼吸数

畜舎内外の温湿度は表14, 図8~11に示した。1期と2期では温度は2期が高く、湿度は1期が高かった。舎内と舎外温度では、若干畜舎内が高かった。舎内と舎外湿度では、若干畜舎外が高かった。体温

・呼吸数は表15に示した。1日4回の4日間の調査では、区には2時の呼吸数に有意差があり、40:60が高くなった。期には20時の体温、1日平均の呼吸数、20時の呼吸数に有意差があり、2期が高くなった。センサーによる測定結果は表16, 図12~17に示

した。膈温の経時的变化を見ると、21時から0時に最高ピークが現れ、5時から8時に最低ピークが現れた。皮膚温の経時的变化は、17時から18時と4時から5時に低下する傾向を示した。ルーメン温の経

時的变化は、昼の採食後低下傾向を示し、20時から上昇傾向を示し、8時から9時に低下する傾向を示した。

表14 畜舎内外の温湿度

		1期	2期
舎内温度	平均	23.48	26.11
	最高	29.80	30.50
	最低	19.90	22.60
舎内湿度	平均	85.40	80.85
	最高	97.00	99.10
	最低	58.90	50.70
舎外温度	平均	22.81	25.64
	最高	29.00	30.80
	最低	19.20	22.20
舎外湿度	平均	90.40	85.25
	最高	99.00	99.00
	最低	64.00	55.00

表15 体温・呼吸数

		区		期	
		50:50	40:60	1期	2期
体温	1日平均	38.70	38.79	38.72	38.77
	14:00	38.71	38.78	38.63	38.86
	20:00	38.74	38.76	38.61*	38.88
	2:00	38.79	38.93	38.72	38.99
	8:00	38.56	38.71	38.49	38.78
呼吸数	1日平均	48.82	51.98	47.52*	53.27
	14:00	49.72	56.03	51.97	53.78
	20:00	46.31	48.63	46.69**	48.25
	2:00	49.00*	56.28	51.13	54.16
	8:00	45.06	52.03	45.38	51.72

** : 1%水準で有意差あり, * : 5%水準で有意差あり

表16 センサーによる温度測定値

		区		期	
		50:50	40:60	1期	2期
膈温	1日平均	38.55	38.69	38.63	38.60
	14:00	38.53	38.66	38.56	38.63
	20:00	38.59	38.66	38.59	38.66
	2:00	38.53	38.70	38.68	38.56
	8:00	38.36	38.46	38.47	38.35
皮膚温	1日平均	35.65	35.26	35.38	35.55
	14:00	35.45	35.07	34.76	35.76
	20:00	35.90	35.45	35.66	35.69
	2:00	35.50	35.22	35.56	35.15
	8:00	35.78	35.58	35.70	35.66
ルーメン温	1日平均	39.40	39.50	39.37	39.53
	14:00	39.41	39.31	39.17	39.55
	20:00	39.20	39.53	39.11*	39.63
	2:00	39.75	39.88	39.73	39.89
	8:00	38.98	38.84	38.73	39.08

* : 5%水準で有意差あり

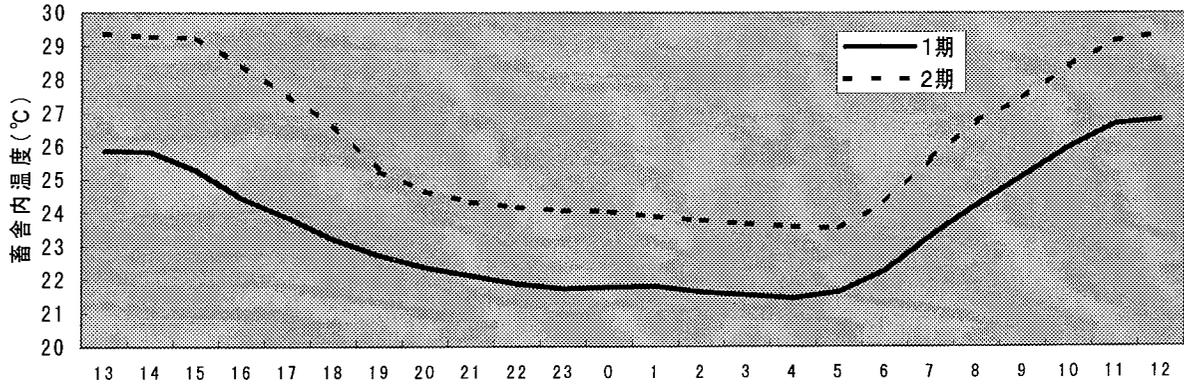


図8 畜舎内温度の日内変動

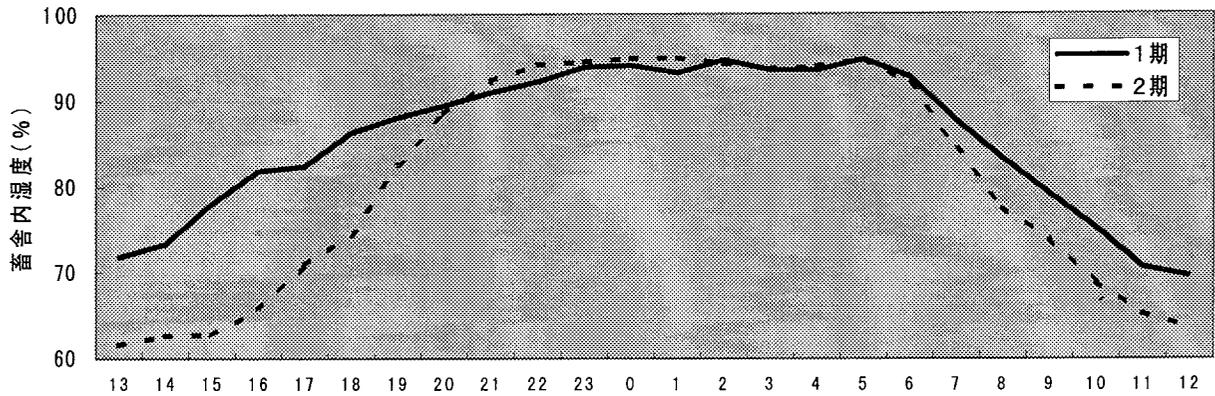


図9 畜舎内湿度の日内変動

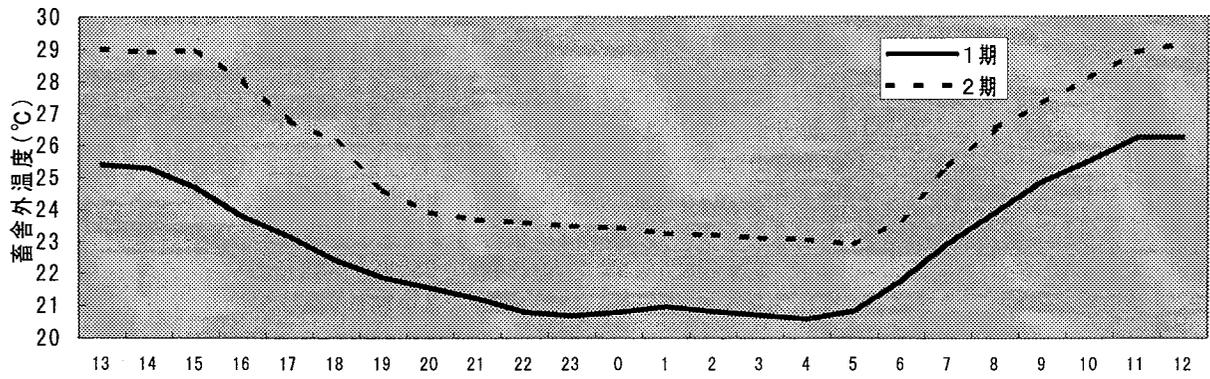


図10 畜舎外温度の日内変動

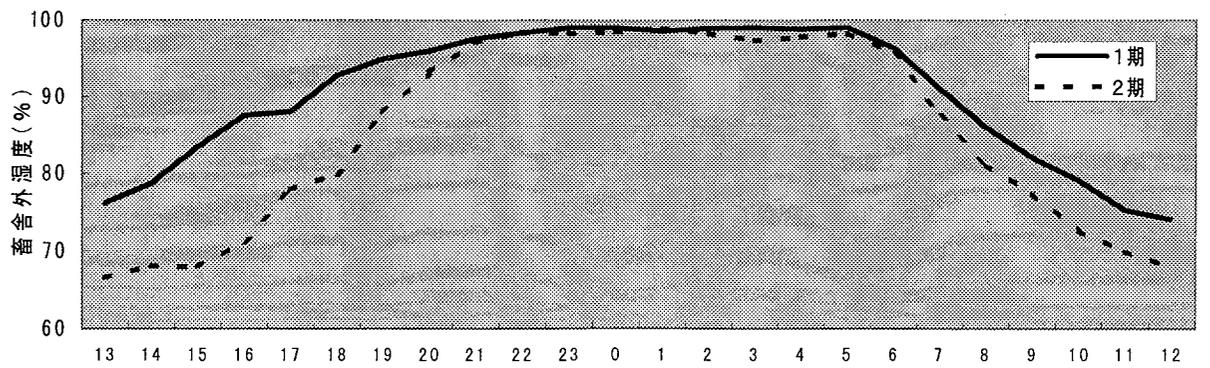


図11 畜舎外湿度の日内変動

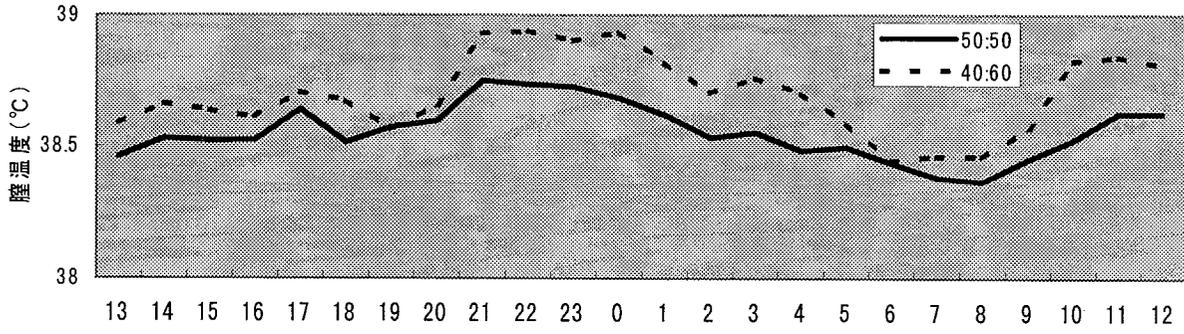


図12 膣温度の日内変動

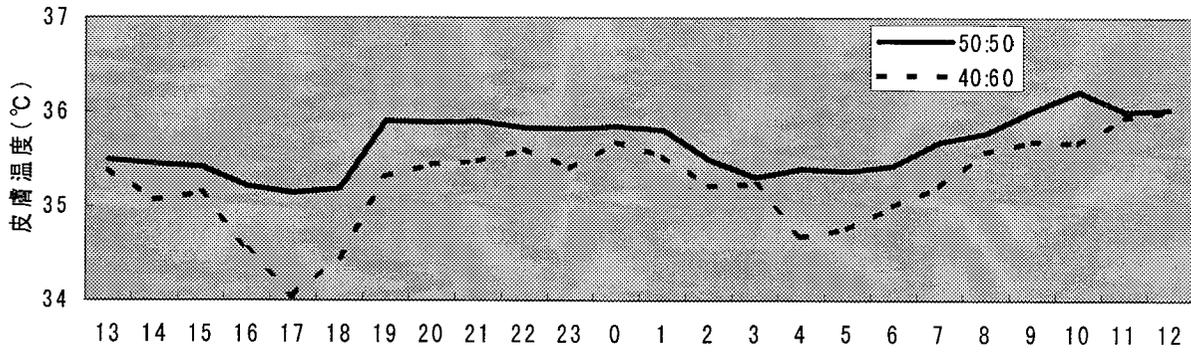


図13 皮膚温度の日内変動

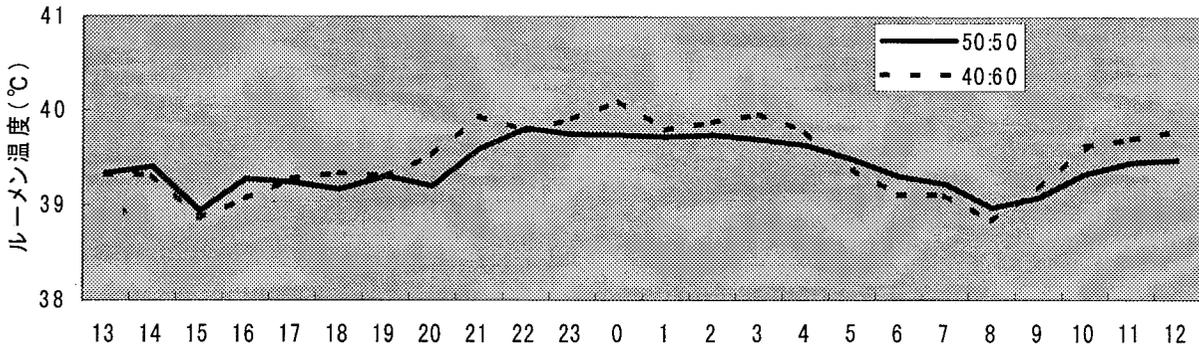


図14 ルーメン温度の日内変動

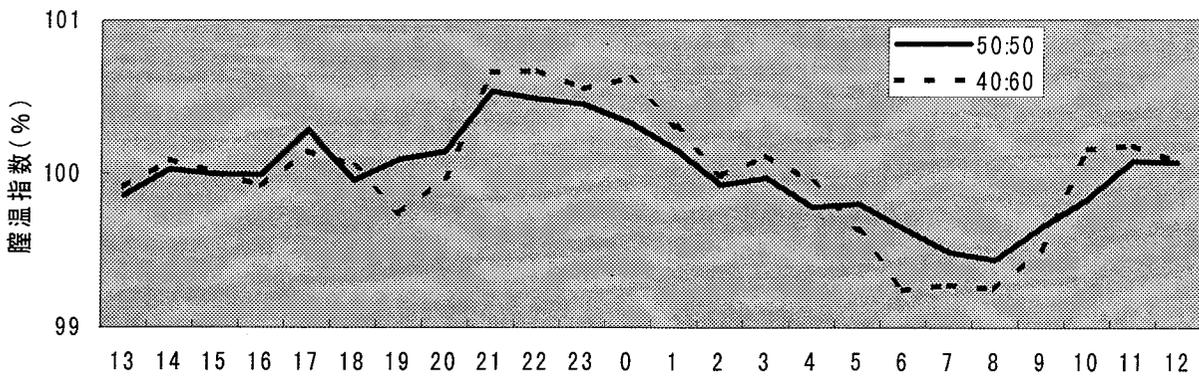


図15 膣温指数の日内変動

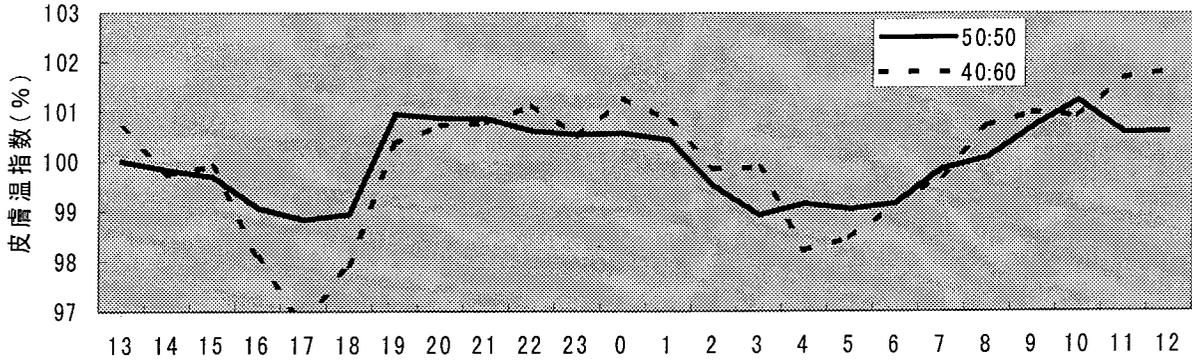


図16 皮膚温指数の日内変動

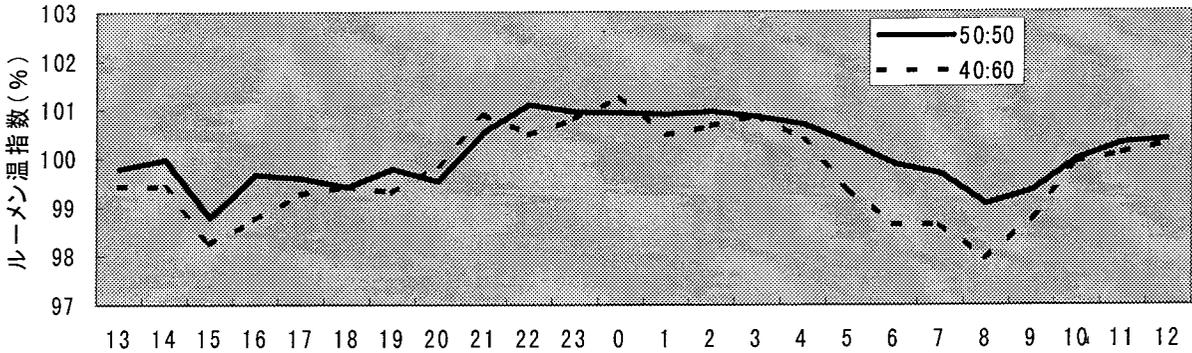


図17 ルーメン温指数の日内変動

7. 行動調査

休息, 採食, 反芻, 起立, 横臥時間は表17, 図18

~21に示した。採食のピークは, 両区とも飼料給与時に現れた。咀嚼時間は両区とも長い傾向を示した。

表17 行動調査 単位: 分/日, 分/kg

	区		期	
	50:50	40:60	1期	2期
休息	511.8	541.5	517.0	536.4
採食	333.5	332.8	342.0	324.3
反芻	594.7	565.9	581.1	579.4
採食+反芻	928.2	898.6	923.1	903.7
採食/DMI	19.0	18.2	18.5	18.7
反芻/DMI	33.9	30.9	31.4	33.4
(採食+反芻)/DMI	52.9	49.1	49.9	52.1
起立	890.6	888.8	919.2	860.2
横臥	549.4	551.2	520.8	579.8

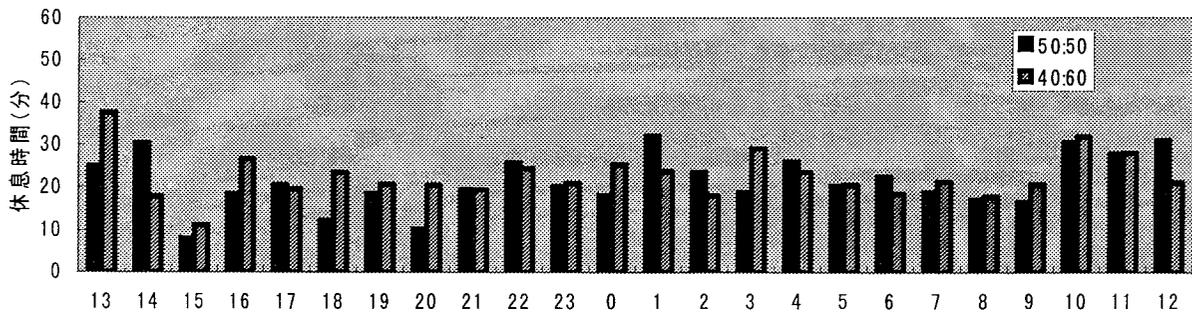


図18 休息行動の日内変動

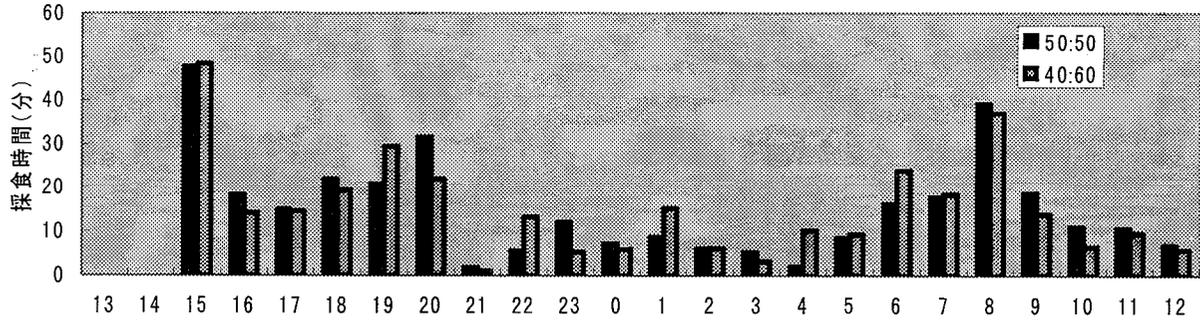


図19 採食行動の日内変動

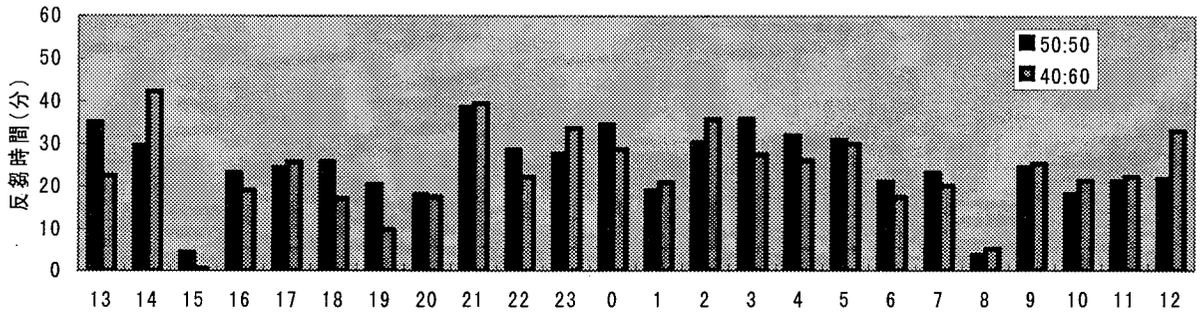


図20 反芻行動の日内変動

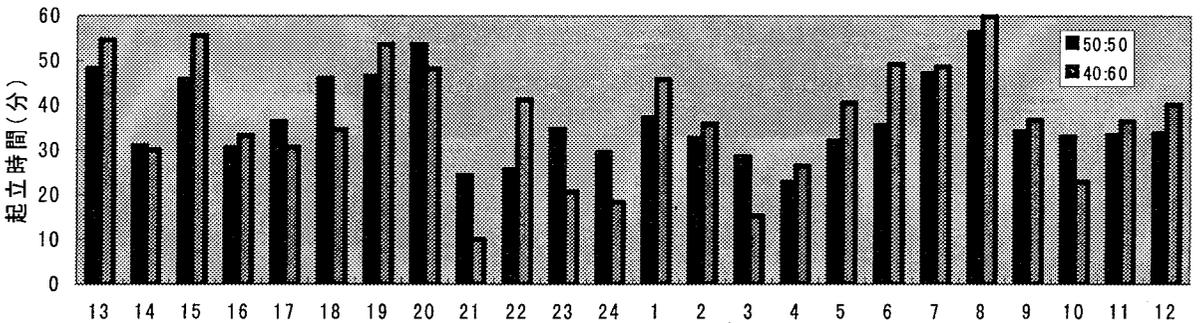


図21 起立時間の日内変動

考 察

1. 同一NDF水準下の粗濃比の違いが採食量，乳量，乳質に及ぼす影響

暑熱時の乾物摂取量としては，寺田ら¹³⁾の報告があるが，それによると粗飼料の割合が増加するほど摂取すべき量が増加しなければならない。しかし，現実的には暑熱時の乾物摂取量を増やすのは困難である。また，OCW含量¹⁴⁾，ADF含量¹⁵⁾，NDF含量¹⁶⁾が少ない方が摂取量が多いとの報告もあり，今回の試験でも，有意差はなかったが，粗飼料割合が低下し

た方が，乾物摂取量が多い傾向を示した。しかし，一般的には粗飼料割合が低下すると，第一胃内の酢酸／プロピオン酸比の低下に伴って乳脂率の低下を起こす可能性が高い¹⁷⁾。今回の試験でも，有意差はなかったが粗飼料割合が低下した方が，乳脂率が低い傾向を示した。乳量は粗飼料割合が低下した方が，多く有意差もあったが，FCM乳量では差がなかった。今回は粗飼料と濃厚飼料の違いを明確にするためビートパルプを使用しなかった。しかし，暑熱時には消化性の高い繊維成分を含むビートパルプ利用すべき¹⁸⁾との報告，また，ビートパルプはA/P比

の上昇、乳脂率の向上をもたらす^{3,19)}との報告やデンプンと比較してルーメン内のアンモニア濃度を低下させ、ルーメン微生物蛋白質の生産効率を高める²⁰⁾との報告もあり、ビートパルプは夏期の乳脂率低下防止対策上利用すべき飼料と考えられる。

2. 同一NDF水準下の粗濃比の違いが第一胃液性状に及ぼす影響

ルーメン液pHを見ると、両区とも低い傾向を示した。佐藤ら²¹⁾は1～2回の第一胃液採取では正確な評価は困難と考えており、今回は経時的に採取したため、ある程度正確な値を示したと考えられた。また、梶川ら¹⁷⁾はプロピオン酸濃度の増加がルーメン液pHの低下につながると考えており、また、早坂ら²²⁾は、暑熱ストレスによるプロピオン酸濃度の上昇、A/P比の低下を認めており、今回も同様にプロピオン酸モル比率は高い傾向を示し、A/P比は低下傾向を示した。

プロトゾア数とルーメン液pHとの関係は、一般的にはpHの低下に敏感で、pH6以下では減少する²³⁾と言われている。また、梶川ら¹⁷⁾の報告ではプロピオン酸モル比率が上昇するとプロトゾア数が低下する傾向を示している。しかし、一般的に濃厚飼料を給与するとプロトゾア数が増加する²⁴⁾と言われ、濃厚飼料を給与することによってプロピオン酸の割合が増加する²⁵⁾ことが認められており、今回の結果も同様にプロピオン酸モル比率が高い方がプロトゾア数が多い傾向を示した。また、押尾²⁶⁾は粗濃比に対するプロトゾアの適応性を3つに分類しているが、今回は原虫の種類分類は行っていないので、プロトゾア数と第一胃発酵との詳細な検討はできなかった。

3. 同一NDF水準下の粗濃比の違いが飼料の消化性に及ぼす影響

繊維成分の消化率を見ると、ADFを除いて、粗飼料割合の高い方が有意差はなかったが、高い傾向を示した。濃厚飼料の給与割合が高くなると、繊維成分の消化率は低下すると言われている²⁷⁻²⁹⁾。また、冬と夏の繊維の消化率を比較すると、夏には繊維の消化率の低下が見られる³⁰⁾。Collier³¹⁾は暑熱時に

酢酸濃度、A/P比、pHの低下を指摘しており、pH低下による繊維分解菌の活動低下が繊維消化率の低下の原因と考えられた。

また、飼料中のNFC含量は補正NFCで両区とも39～42%程度であり、Batajiooら³²⁾はNFCで30～35%程度を推奨し、高NFC(42%)ではNDFの消化率が低下すると指摘し、また、Fengら³³⁾は高NSC(39%)と高消化性のNDFを組み合わせるとルーメン内の微生物の合成が阻害され、乳生産に影響を及ぼすと指摘しており、今後は構造化炭水化物と非構造化炭水化物の含量、消化性等についても検討する必要がある。

4. 同一NDF水準下の粗濃比の違いが体温・呼吸数に及ぼす影響

Tsaiら³⁴⁾、Leghtonn and Rupel³⁵⁾の報告では飼料中の粗繊維含量が低い方が乳量が高く、体温・呼吸数は低い値を示し、Shibataら³⁶⁾の報告では環境30℃において粗繊維含量が19%より17%の方が体温・呼吸数の低下を示した。また、栗原³⁷⁾は高温時の体温上昇は熱発生量とプロピオン酸濃度関係を示唆し、プロピオン酸濃度の増加は体温の低下につながるとしている。このように、夏期に濃厚飼料を多給し、飼料中の繊維含量を低めた場合は高繊維飼料を給与した場合より体温・呼吸数が低下したとの報告が多いが、今回の場合、粗飼料割合の高い方が有意差はなかったが、低い傾向を示し、呼吸数は2時で有意差があり、粗飼料割合の高い方が低下し、Tanakaら⁵⁾の報告と同様な傾向を示した。夏期における乳生産性低下は体温上昇と密接な関係があり、防暑対策の基本は体温上昇の抑制にある³⁸⁾と考えられるので、その要因については、今後さらに検討する必要がある。

また、経時的な体温変動を見ると、今回の変動には飼料給与時間と給与量、送風時間が影響を及ぼしたと考えられた。夜間の熱発生量には夕方の飼料摂取が影響している³⁹⁾と考えられる。21時から5時までの採食行動は少なく、膛温、ルーメン温は真夜中に上昇し、明け方に低下する傾向を示した。古本ら³⁹⁾は日中から夜間にかけて蓄積される体熱を温度の

下がる夜から朝にかけて放熱させ、体温の持越し現象⁴⁰⁾を回避すべきとしている。今回も同様な傾向を示し、体温の持越し現象⁴⁰⁾をある程度回避していたと考えられた。斉藤は日中送風⁴¹⁾と夜間送風⁴²⁾を比較しているが日中送風より夜間送風が体温・呼吸数に対する改善効果が高い⁴³⁾と報告しているが、今回の送風時間は斉藤の日中送風⁴¹⁾の報告と同程度であった。そのため、夜間送風を実施することにより、暑熱ストレスに対する改善効果がより高まる可能性があると考えられた。

5. 同一NDF水準下の粗濃比の違いが咀嚼行動に及ぼす影響

夏期高温時には採食量が減少する結果、採食・咀嚼時間が減少し^{44,45)}、また、採食時間のうち遊びの時間も長くなる⁴⁶⁾。早坂ら⁴⁷⁾は夏には採食時間が低下する傾向を示し、Matui⁴⁸⁾は夏には顎運動回数の減少を認めた。今回の結果では咀嚼時間は長い傾向を示し、Tanakaら⁵⁾のイタリアンサイレージを用いた結果と同程度であった。給与飼料中には今回スーダングラスサイレージが含まれているが、スーダングラスサイレージは繊維成分が多く、また、リグニン、Ob含量も多く、消化性に劣る可能性が高く、咀嚼時間の増加につながったと考えられた。

また、今回は咀嚼時間が長いにもかかわらず乳脂率は低下した。藤城⁴⁹⁾は乳脂率3.5%を維持するためにはSudweeks⁵⁰⁾の示したR.V.I. (roughage value index) 31.1分/DMIkgより長い咀嚼時間が必要と考えている。しかし、今回の結果から、咀嚼時間だけでは、暑熱ストレス下に乳脂率3.5%を維持することは難しく、用いる粗飼料の消化性等も考慮する必要があると考えられた。

起立時間は、環境温度が高い方が長い傾向を示している⁴⁹⁾。これは体熱放散を促進するため起立時間が増加した^{46,50,51)}と考えられた。

謝 辞

本試験を実施するに当たり、体細胞数分析にご協力頂いた(社)鹿児島県生乳検査協会の方々、血液分析にご協力頂いた曾於農業共済組合大隅支所の方々に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) National Research Council, Nutrient Requirements of dairy cattle, 6th revised edition, National Academy Press, Washington, D.C., 1988
- 2) 藤城清司 他, 乳牛における繊維・澱粉質飼料の効率的給与技術の確立に関する研究, 飼料中のNDF水準が泌乳初期の乳生産に及ぼす影響(8~19), 千葉県畜産センター特別研究報告, 第2号, 1991
- 3) 北海道新得畜産試験場, 単味飼料の成分組成と混合飼料中のNDFとデンプンの給与比率, 平成6年度北海道農業試験会議・成績会議資料, 1995
- 4) 白石恭二 他, 九州農業の新技術, 9, 118~124, 1996
- 5) Tanaka, K. et al., Proceedings of 8th AAAP congress, Vol2, 720, 1996
- 6) 竹内 啓監修, SASによる実験データの解析(129~146), 東京大学出版会, 1991
- 7) 古本 史, 完全飼料(TMR)調製後の養分損失問題(379~382), 畜産の研究, 第43巻, 第3号, 1989
- 8) 森本 宏監修, 動物栄養試験法(191~207), 養賢堂, 1971
- 9) 上田宏一郎, 高泌乳牛における代謝エネルギー測定データの蓄積を目指して(17~19), 畜産技術, 第509号, 1997
- 10) 岸根卓郎著, 理論・応用 統計学(229~234), 養賢堂, 1981
- 11) 其田 三雄監修, 主要症状を基礎にした牛の臨床(750~751), デーリイマン社, 1983

- 12) 自給飼料品質評価研究会幹事会(文責 阿部亮), フォレンジテストの分析項目・表示法・分析手法に関する提案(1049~1060), 畜産の研究, 第51巻, 第10号, 1997
- 13) 寺田文典 他, 夏季の乳牛の乾物摂取量の推定(189~191), 日本畜産学会報, 第68巻, 第2号, 1997
- 14) 家守紹光 他, 給与飼料中のOCW含量が乳牛の泌乳性と第一胃内性状に及ぼす影響(1~4), 福岡県農業総合試験場研究報告C(畜産), 第12号, 1993
- 15) Cummins, K.A., Effect of Dietary Acid Detergent Fiber on Responses to High Environmental Temperature, *J.Dairy sci.*, 75(6):1465-1471, 1992
- 16) Ruiz T.M., E.Bernal, C.R.Staples, L.E.Sollenberger and R.N.Gallaher, Effect of Dietary Neutral Detergent Fiber Concentration and Forage Source on Performance of Lactating Cows, *J.Dairy Sci.*, 78(2):305-319, 1995
- 17) 梶川 博 他, 乳牛における摂取飼料, 反芻胃内発酵および乳脂率の相関関係(45~54), 畜産試験場研究報告, 第46号, 1986
- 18) 栗原 光規 他, 気候温暖化に対応した乳牛の飼養法(21~107), 九州農業試験場報告, 第29号, 1995
- 19) Kajikawa, H. et al., *Anim. Feed Sci. Technol.*, 31:91, 1990
- 20) Stern M.D., G.A.Verga, J.H.Clark, J.L.Firkins, J.T.Huber and D.L.Palmquist, SYMPOSIUM: METABOLIC RELATIONSHIPS IN SUPPLY OF NUTRIENTS FOR MILK PROTEIN SYNTHESIS, Evaluation of Chemical and Physical Properties of Feeds That Affect Protein Metabolism in the Rumen, *J.Dairy Sci.*, 77(9):2762-2786, 1994
- 21) 佐藤 博 他, 乳牛における飼料給与の方法が第一胃内発酵, 血液性状および採食行動に及ぼす影響(461~466), 日本畜産学会報, 第58巻, 第6号, 1987
- 22) 早坂貴代史 他, 泌乳牛第一胃液性状, みかけの消化率および総そしゃく時間に及ぼす暑熱の影響(1259~1266), 日本畜産学会報, 第63巻, 第12号, 1992
- 23) Kaummann, W., H.Hagmeister and G.Dirksen: Digestive physiology and metabolism in ruminants, (Ruckebusch, Y. and P. Thivend, eds.), 587-602, MTP Press, Lancaster, England, 1980
- 24) Dennis S.M., M.J.Arambel, E.E.Bartley, and A.D.Dayton, Effect of Energy Concentration and Source of Nitrogen on Numbers and Types of Rumen Protozoa, *J.Dairy Sci.*, 66(6):1248-1254, 1983
- 25) Woodford J.A., N.A.Jorgensen, and G.P.Barrington, Impact of Dietary Fiber and Physical Form on Performance of Lactating Dairy Cows, *J.Dairy Sci.*, 69(4):1035-1047, 1986
- 26) 押尾秀一, 濃厚飼料と粗飼料の給与割合が牛の第一胃内繊維毛虫に及ぼす影響(36~43), 日本畜産学会報, 第58巻, 第1号, 1987
- 27) 篠田 満 他, 乳牛において配合飼料給与量を増した場合の飼料の消化率およびTDN含量への影響(769~773), 日本畜産学会報, 第56巻, 第10号, 1985
- 28) 関根純二郎 他, 子牛の混合飼料の消化率に及ぼす粗飼料・濃厚飼料割合の影響(231~236), 日本畜産学会報, 第57巻, 第3号, 1986
- 29) 小川増弘 他, 反芻家畜の消化率に及ぼす関連要因の解析, II. 乳牛における給与と乾草の粗蛋白質含量が濃厚飼料の消化率に及ぼす影響(57~62), 草地試験場研究報告, 第33号, 1986
- 30) 早坂貴代史 他, 夏と冬における混合飼料給与による高泌乳牛(泌乳前期)の乾物・養分摂取量とみかけの消化率(763~772), 日本畜産学会報, 第59巻, 第9号, 1988
- 31) Collier R.J., D.K. Beede, W.W.Thatcher, L.A. Israel and C.J. Wilcox, Influences of En-

- vironment and Its Modification on Dairy Animal Health and Production, J.Dairy Sci., 65 (11) : 2213-2227, 1982
- 32) Batajoo K.K. and R.D. Shaver, Impakut of Nonfiber Carbohydrate on Intake, Digestion, and Milk Production by Dairy Cows, J.Dairy Sci., 77 (6) : 1580-1588, 1994
- 33) Feng P., W.H. Hoover, T.K. Miller, and R. Blauwikel, Interaction of Fiber and Non-structural Carbohydrates on Lactation and Ruminant Function, J.Dairy Sci., 76 (5) : 1324-1333, 1993
- 34) Tsai Y.C., L.S. Castilld, W.A. Hardison and W.J.A. Payne, Effects of Dietary Fiber Level on Lactating Dairy Cows in The Humid Tropics, J.Dairy sci., 50:1126-1129, 1967
- 35) Leighton R.E. and I.W. Rupel, Effects of Fiber content of The Diet on Milk Production and Hot Weather Discomfort in Producing Dairy Cows, J.Dairy sci., 39:937, 1956
- 36) Sibata M. and A. Mukai, The Effect of Heat Stress and Hay-Concentrate Rations on Milk Production, Heat Production and some Physiological Responses Lactating Cows (630~637), Jpn. J. Zootech Sci., 50, 1979
- 37) 栗原光規, 給与飼料と乳牛の産熱特性 (37~41), 日本家畜管理研究会誌, 第27巻, 別号, 1991
- 38) 岡本昌三 他, 乳牛の生理機能におよぼす暑熱の影響に関する研究 (183~243), 九州農試彙報. 11. 1965
- 39) 古本 史 他, 暑熱期における乳牛の体温調節性反応の特徴 (854~859), 日本畜産学会報, 第59巻, 第10号, 1988
- 40) 古本 史 他, 乳牛への冷水給与の効果と体温推移の個体差 (26~28), 日本家畜管理研究会誌, 第22巻, 第1号, 1986
- 41) 齊藤友喜 他, 乳牛に対するダクト送風による防暑効果 (11~17), 群馬農業研究C畜産, 第4号, 1987
- 42) 齊藤友喜 他, 泌乳牛に対する夏期の夜間送風効果 (9~17), 群馬農業研究C畜産, 第5号, 1988
- 43) 齊藤友喜, 送風による乳牛の防暑効果 (65~67), 日本家畜管理研究会誌, 第27巻, 別号, 1991
- 44) 早坂貴代史 他, 夏と冬における混合飼料給与と給与時の泌乳牛の採食・反芻行動 (65~72), 日本家畜管理研究会誌, 第25巻, 1990
- 45) 早坂貴代史 他, 北海道における舎内気温上昇に対する泌乳牛の行動反応 (690~694), 日本畜産学会報, 第61巻, 第8号, 1990
- 46) 三村 耕, 熱環境に対する家畜の行動, 家畜管理学 (三村 耕・森田琢磨), 161~164, 養賢堂, 東京, 1988
- 47) 早坂貴代史, 夏期に認められる乳牛の行動・生態 (2~6), 日本家畜管理研究会誌, 第27巻, 別号, 1991
- 48) Matsui, K., Jaw Movements during Grazing and Rumination of a Holstein Cow Grazed on Pasture in Hot Summer—a Comparison between late July and middle September (280~286), Grassland Sci., 41 (4), 1996
- 49) 藤城清司 他, 乳牛における繊維・澱粉質飼料の効率的給与技術の確立に関する研究, 飼料の咀嚼時間と泌乳初期乳生産に及ぼす影響 (20~30), 千葉県畜産センター特別研究報告, 第2号, 1991
- 50) Sudweeks E.M., L.O. Ely, D.R. Mertens and L. R. Sisk, Assessing Minimum Amounts and from of Roughages in Ruminant and Diets: Roughage Value Index System, J.Dairy Sci., 53: 1406-1411, 1981